



⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 197 53 720 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
C 01 B 3/58
B 01 D 53/86

⑳ Aktenzeichen: 197 53 720.0
㉔ Anmeldetag: 4. 12. 97
㉕ Offenlegungstag: 10. 6. 99

㉑ Anmelder:
DBB Fuel Cell Engines GmbH, 73230 Kirchheim, DE

㉒ Erfinder:
Strobel, Barbara, 89160 Dornstadt, DE; Wolfsteiner,
Matthias, 92507 Nabburg, DE; Brauchle, Stefan,
88400 Biberach, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 1 95 44 895 C1
DE 87 09 386 U1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von Kohlenmonoxid

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine plattenförmige Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom enthaltenem Kohlenmonoxid, wobei zwischen aufeinanderfolgenden Platten jeweils ein mit Katalysator befüllter Reaktionsraum oder ein von einem Kühlmedium durchströmter Kühlraum ausgebildet ist und mit Öffnungen zur Ausbildung von Zu- beziehungsweise Abführkanälen für den Gasgemischstrom beziehungsweise das Kühlmedium, wobei die Reaktions- beziehungsweise Kühlräume jeweils ausschließlich mit den Zu- und Abführkanälen für den Gasgemischstrom beziehungsweise für das Kühlmedium in Strömungsverbindung stehen. Erfindungsgemäß wird das oxidierende Gas direkt in den Zuführkanal für den Gasgemischstrom geführt. Bei zweistufigen Vorrichtungen ist zwischen der ersten und der zweiten Stufe eine Platte ohne Öffnung für den Zuführkanal für den Gasgemischstrom angeordnet und die Vorrichtung zur Zufuhr des oxidierenden Gases zur zweiten Stufe ist in den Abführkanal für den Gasgemischstrom der ersten Stufe geführt.

DE 197 53 720 A 1

DE 197 53 720 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von Kohlenmonoxid in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine gattungsgemäße Vorrichtung in Plattenbauweise, mit der der Kohlenmonoxidanteil im Produktgas eines Wasserdampfreformers verringert werden soll, ist aus der DE 195 44 895 C1 bekannt. Bei dieser Anordnung werden Platten mit Reaktionskammern und Wärmetauschkammern abwechselnd aufeinandergestapelt. In jeder Platte sind jeweils 4 Durchtrittsöffnungen zur Zu- beziehungsweise Abfuhr des Gasgemischstromes beziehungsweise des Wärmeträgermediums vorgesehen. Um in jeder Stufe Luft mit unterschiedlichem Volumenstrom zuführen zu können, sind zusätzlich an den Stirnseiten der Platten mit den Reaktionskammern Bohrungen vorgesehen, durch die jeweils Luft in die Reaktionsräume zudosiert werden kann. Zur Verteilung der Luft sind jedoch zusätzliche Bauteile vorzusehen.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von Kohlenmonoxid in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom mit einer vereinfachten Zuführung und Vermischung für das oxidierende Gas zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Integration der Zuführung für das oxidierende Gas in den Zuführkanal für den Gasgemischstrom stellt eine fertigungstechnisch einfache und kostengünstige Lösung dar. Da die Zuführung in den Sammelkanal endet, wo sich kein Katalysatormaterial befindet, kann auf eine zusätzliche Mischstrecke oder Verteilerstrukturen verzichtet werden. Weiterhin ist das Verhältnis der Reaktions- und Kühlräume zueinander hinsichtlich Volumen und/oder Anzahl der Platten beliebig veränderbar.

Eine Integration mehrerer Stufen in eine bauliche Einheit ist problemlos möglich. Dabei bleibt durch die variable Einlaßposition der Zuführung für das oxidierende Gas dennoch eine hohe Flexibilität erhalten. Insgesamt weist die erfindungsgemäße Vorrichtung verbesserte Eigenschaften hinsichtlich Volumenbedarf, Gewicht und Kosten auf.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Plattenvorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von Kohlenmonoxid in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom in Explosionsdarstellung,

Fig. 2 einen Schnitt durch die Vorrichtung gemäß **Fig. 1** entlang der Linie A-A für einen zweistufigen Aufbau,

Fig. 3 einen Schnitt durch die Vorrichtung gemäß **Fig. 1** entlang der Linie B-B ebenfalls für einen zweistufigen Aufbau,

Fig. 4 einen Schnitt durch die Vorrichtung gemäß **Fig. 1** entlang der Linie A-A für einen dreistufigen Aufbau, und

Fig. 5 einen Schnitt durch die Vorrichtung gemäß **Fig. 1** entlang der Linie B-B ebenfalls für einen dreistufigen Aufbau zeigt.

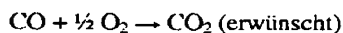
Die in **Fig. 1** insgesamt mit **1** gekennzeichnete aber nur teilweise dargestellte Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation von in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom enthaltenem Kohlenmonoxid besteht aus einer Vielzahl aufeinander gestapelter Platten **2**, wobei sich zwischen benachbarten Platten **2** nach dem Zusammenbau Reaktionsräume **4** beziehungsweise Kühlräume **5** ausbilden. Zur Vereinfachung sind in **Fig. 1** lediglich ein Teil der Plat-

ten **2** dargestellt. Der Gesamtaufbau der Vorrichtung **1** kann aus den **Fig. 2-5** entnommen werden. Die im Ausführungsbeispiel gezeigte Vorrichtung zur selektiven katalytischen Oxidation, im folgenden als CO-Oxidator **1** bezeichnet, wird vorzugsweise zur Entfernung von Kohlenmonoxid aus dem Reformat einer Vorrichtung zur Wasserdampfreformierung eines Rohkraftstoffes, beispielsweise Methanol, verwendet. Solche Reformer werden insbesondere zur Wasserstoffherstellung für mobile Brennstoffzellenanwendungen eingesetzt. Insbesondere Brennstoffzellen mit einer protonenleitenden Elektrolytmembran, sogenannte PEM-Brennstoffzellen, reagieren auf Kohlenmonoxidanteile im Wasserstoffgas mit Vergiftungserscheinungen. Daher wird versucht, den Kohlenmonoxidanteil im Wasserstoffgas mit Hilfe eines CO-Oxidators **1** durch selektive katalytische Oxidation des Kohlenmonoxids unter Zugabe von Sauerstoff an einem geeigneten Oxidationskatalysator zu reduzieren. Um den Kohlenmonoxidanteil auf Werte <50 ppm zu reduzieren werden vorzugsweise mehrstufige CO-Oxidatoren **1** eingesetzt, wobei zu jeder Stufe separat Sauerstoff zugeführt wird.

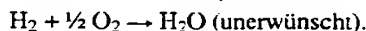
Obwohl die Erfindung im folgenden anhand eines CO-Oxidators **1** für die Entfernung von Kohlenmonoxid aus dem Produktgas einer Vorrichtung zur Wasserdampfreformierung von Methanol beschrieben wird, soll dadurch der Schutzbereich nicht auf diese Anwendung beschränkt werden.

Der Sauerstoff wird vorzugsweise in Form von Luftsauerstoff in vorbestimmter Menge zugeführt. Hierfür können nicht dargestellte Dosiervorrichtung vorgesehen werden. Als Katalysatormaterial für die selektive katalytische CO-Oxidation eignet sich unter anderem Platin und/oder Ruthenium auf einem Träger aus Zeolith oder Aluminiumoxid. Dieses Katalysatormaterial kann in beliebiger Form in den Reaktionsraum **4** eingebracht werden. Neben der Verwendung von Schüttungen oder Pellets ist es auch möglich, das Katalysatormaterial auf die Plattenoberflächen oder auf Katalysatorträgereinheiten aufzubringen.

Durch die Zugabe von Sauerstoff kommt es in dem Wasserstoff und Kohlenmonoxid enthaltendem Gasgemischstrom zu konkurrierenden Oxidationsreaktionen:



und



Das Katalysatormaterial sowie die Betriebsbedingungen werden derart gewählt, daß die erste Reaktion gegenüber der zweiten Reaktion bevorzugt, also selektiv, abläuft und sich somit zwar der CO-Anteil im Gasgemischstrom verringert, gleichzeitig aber möglichst wenig Wasserstoff verbraucht wird. Da beide Reaktionen exotherm verlaufen ist es notwendig, die entstehende Wärme, beispielsweise mit Hilfe eines Kühlmediums, aus dem CO-Oxidator **1** abzuführen. Hierzu sind im CO-Oxidator **1** Kühlräume **5** vorgesehen.

Entlang des Randes sind auf den Platten **2** jeweils Erhebungen **6** vorgesehen, die beim Zusammenbau jeweils mit der Unterseite der benachbarten Platte **2** in Kontakt kommen, wobei die Erhebungen **6** und die Unterseite der benachbarten Platte **2** mit Hilfe von Dichtungen oder vorzugsweise durch Schweißen gasdicht miteinander verbunden werden. Dadurch entstehen die weiter oben bereits beschriebenen Reaktions- beziehungsweise Kühlräume **4, 5**. In den Platten **2** sind außerdem jeweils Öffnungen **3** – im folgenden als Bohrungen bezeichnet – zur Zu- beziehungsweise Abfuhr des Gasgemischstromes beziehungsweise des Kühlme-

diums vorgesehen. Weiterhin sind um die Bohrungen 3 teilweise ringförmige Erhebungen 7 angeordnet, die beim Zusammenbau des CO-Oxidators 1 ebenfalls mit der Unterseite der jeweils benachbarten Platte 2 gasdicht verbunden werden. In den Reaktionsbeziehungsweisen Kühlräumen 4, 5 können weitere Strömungsleitstrukturen vorgesehen werden, die aber zur Vereinfachung in der Zeichnung nicht dargestellt sind.

Die Bohrungen 3 in den einzelnen Platten 2 bilden nach dem Zusammenbau insgesamt einen Zuführ- beziehungsweise Abführkanal 11, 12 für den Gasgemischstrom. Für das Kühlmedium werden durch die Bohrungen 3 entsprechende Zu- beziehungsweise Abführkanäle 13, 14 gebildet. Die Richtung der Medienführung in den Kanälen 11-14 und den entsprechenden Reaktions- beziehungsweise Kühlräumen 4, 5 ist in der Zeichnung durch gepunktete Pfeile dargestellt.

Bei jeder Platte 2 sind nun zur Ausbildung von Reaktionsräumen 4 beziehungsweise Kühlräumen 5 jeweils alle vom Kühlmedium beziehungsweise dem Gasgemischstrom durchströmten Bohrungen 3 mit einer ringförmigen Erhebung 7 umgeben. Somit stehen die Reaktionsräume 4 nur in Strömungsverbindung mit dem Zuführ- beziehungsweise Abführkanal 11, 12 für den Gasgemischstrom, während die Kühlräume 5 nur in Strömungsverbindung mit den Zuführ- beziehungsweise Abführkanal 13, 14 für das Kühlmedium stehen. Dadurch wird eine Vermischung des Gasgemischstromes mit dem Kühlmedium verhindert.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden die Reaktionsbeziehungsweisen Kühlräume 4, 5 jeweils quer und in Gegenstromrichtung vom entsprechenden Medium durchströmt. Die Anordnung der Kanäle 11-14 und die Strömungsrichtungen können jedoch in nahezu beliebiger Weise dem Bedarf angepaßt werden. Auch eine Kreuzstromanordnung ist möglich. Weiterhin entspricht die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform einer zumindest zweistufigen Vorrichtung, wobei der in der ersten Stufe I benötigte Sauerstoff vor der ersten Stufe I über eine externe Zuführleitung 10 in den Gasgemischstrom zugegeben wird. Es ist jedoch auch möglich, den Sauerstoff direkt in den Zuführkanal 11 der ersten Stufe zuzuführen.

Der Sauerstoff für die zweite Stufe II wird vorzugsweise mit Hilfe einer Sonde 18 in den Abführkanal 12 für den Gasgemischstrom der ersten Stufe I eingebracht. Im einfachsten Fall ist die Sonde 18 als rohrförmige Leitung mit beliebigem Querschnitt ausgebildet. Da der Sauerstoff in den Abführkanal 12 der ersten Stufe I eingebracht wird steht er für die Reaktion in dieser ersten Stufe nicht zur Verfügung. Der Sauerstoff kann sich vielmehr innerhalb des Abführkanals 12 mit dem Gasgemischstrom aus der ersten Stufe I vermischen. Da der Abführkanal 12 der ersten Stufe I gleichzeitig als Zuführkanal 11 für die zweite Stufe II dient, wird somit den Reaktionsräumen 4 der zweiten Stufe II ein homogenes Gas/Sauerstoffgemisch zugeführt. Auf zusätzliche externe Misch- oder Verteilungsstrukturen kann daher verzichtet werden.

Der in den Fig. 2 und 3 dargestellte CO-Oxidator 1 besteht aus zwei mit I und II bezeichneten Oxidationsstufen. Die Fig. 2 und 3 zeigen Schnittdarstellungen durch den in Fig. 1 teilweise gezeigten CO-Oxidator 1 im Bereich der Zu- und Abführkanäle 11-14 für den Gasgemischstrom (Fig. 2) beziehungsweise für das Kühlmedium (Fig. 3). Zur Ausbildung zweier Stufen I, II wird eine Trennplatte 16 im Plattenstapel angeordnet. In der Trennplatte 16 ist keine Bohrung 3 für den Zuführkanal 11 vorgesehen. Dadurch wird der Zuführkanal 11 für den Gasgemischstrom am Ende der ersten Stufe I durch die Trennplatte 16 abgeschlossen. Der Gasgemischstrom verteilt sich daher auf die in der ersten Stufe I vorhandenen Reaktionsräume 4 und wird nach

dem Durchströmen der Reaktionsräume 4 im Abführkanal 12 wieder gesammelt. Im Ausführungsbeispiel sind in den beiden Stufen I, II jeweils lediglich zwei Reaktionsräume 4 vorgesehen. Die Anzahl kann aber beliebig variiert werden, wodurch eine gute Skalierbarkeit des gesamten CO-Oxidators 1, aber auch der einzelnen Stufen I, II gegeben ist. Der in der ersten Stufe I benötigte Sauerstoff wird bereits vor der ersten Stufe über eine Zuführleitung 10 in den Gasgemischstrom zugegeben. Es ist jedoch auch möglich, den Sauerstoff über eine weitere Sonde direkt in die erste Stufe I zuzuführen.

In der zweiten Stufe II sind die Kanäle 11, 12 für den Gasgemischstrom vertauscht angeordnet. Aus dem Abführkanal 12 der ersten Stufe I wird in der zweiten Stufe II der Zuführkanal 11. Entsprechend ist der Abführkanal 12 in der zweiten Stufe II an der in der ersten Stufe I für den Zuführkanal 12 vorgesehenen Stelle angeordnet. Dadurch ist die Strömungsrichtung für den Gasgemischstrom in der zweiten Stufe II gegenüber der ersten Stufe I umgekehrt. Die Strömungsrichtung in den Kühlräumen 5 bleibt erhalten.

Der Plattenstapel wird durch Endplatten 15, 17 begrenzt, in der nur ein Teil der üblichen Bohrungen 3 vorgesehen sind. Durch die obere Endplatte 17 wird der Zuführkanal 11 für den Gasgemischstrom auch am Ende der zweiten Stufe II abgeschlossen. Der Gasgemischstrom verteilt sich daher wiederum auf die in der zweiten Stufe II vorhandenen Reaktionsräume 4 und wird nach dem Durchströmen der Reaktionsräume 4 im Abführkanal 12 gesammelt und aus dem CO-Oxidator 1 abgeführt. Auf der Kühlmittelseite ist entsprechend jeweils nur eine Bohrung 3 für den Zubeziehungsweisen Abführkanal 13, 14 in den Endplatten 17 beziehungsweise 15 angeordnet.

Der Sauerstoff für die zweite Stufe II wird mit Hilfe einer Sonde 18 in den Abführkanal 12 der ersten Stufe I eingebracht. Im einfachsten Fall ist die Sonde 18 als einfaches Rohr mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet. Es können aber auch beliebige andere Querschnittsformen als rohrförmige Sonde 18 verwendet werden. Da der Sauerstoff in den Abführkanal 12 der ersten Stufe I eingebracht wird, steht er für die Reaktion in dieser ersten Stufe I nicht zur Verfügung. Zur besseren Verteilung des Sauerstoffs kann die Sonde 18 auch mit radialen Austrittsöffnungen versehen werden, wobei in diesem Fall die axiale Öffnung der Sonde 18 verschlossen werden kann. Ist die Sonde 18 derart angeordnet, daß der Sauerstoff in Strömungsrichtung des Gasgemischstromes austritt, so können zusätzlich radiale Umlenkvorrichtungen, die eine bessere Vermischung des Sauerstoffs mit dem Gasgemischstrom verursachen, vorgesehen werden.

Gemäß Ausführungsbeispiel ist die Sonde 18 direkt von unten durch die Endplatte 15 in den Abführkanal 12 der ersten Stufe I geführt. Es ist jedoch auch möglich, die Sonde 18 von oben durch die Endplatte 17 und den Zuführkanal 11 der zweiten Stufe II in den Abführkanal 12 der ersten Stufe I zu führen.

Die Verwendung einer solchen Sonde 18 weist den Vorteil auf, daß der Eintrittsort des Sauerstoffs in den Abführkanal 12 bei veränderter Stapeldicke durch eine Änderung der Länge der Sonde 18 einfach angepaßt werden kann. Außerdem müssen für eine ausreichende Verteilung und Dosierung des Sauerstoffs nicht in jeder Platte Bohrungen oder dergleichen vorgesehen werden, was zu einer Vereinfachung der Vorrichtung und dadurch zu einer Reduzierung der Kosten führt.

Das oben beschriebene Konzept ist auch auf drei- oder mehrstufige Vorrichtungen anzuwenden. In den Fig. 4 und 5 ist beispielsweise ein dreistufiger CO-Oxidator 1 dargestellt, wobei gleiche Teile gegenüber den anderen Figuren mit

gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Im Gegensatz zu Fig. 2 und 3 ist jedoch zwischen der zweiten und dritten Stufe II, III eine weitere Trennplatte 16 vorgesehen. Die Strömungsführung in Fig. 4 entspricht bis einschließlich der zweiten Stufe II dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2. Der Abführkanal 12 für den Gasgemischstrom der zweiten Stufe II dient hier aber gleichzeitig als Zuführkanal 11 für die dritte Stufe III. In diesen Zuführkanal 11 für die dritte Stufe III ist jedoch zusätzlich von oben durch die Trennplatte 17 eine zweite Sonde 20 zur Zufuhr von Sauerstoff entgegen der Strömungsrichtung des Gasgemischstromes eingeführt, die sich bis in den Bereich des Abführkanals 12 der zweiten Stufe II erstreckt und dort endet.

Somit wird der zusätzliche Sauerstoff in das Produktgas der zweiten Stufe eingeleitet und kann sich dort mit dem Gasgemischstrom vermischen. Zur dritten Stufe III wird daher wiederum ein homogenes Gas/Sauerstoffgemisch zugeführt. Die weiter oben anhand der Sonde 18 erläuterten Gestaltungsmöglichkeiten gelten selbstverständlich auch für die Sonde 20.

Da der Zuführkanal 11 vor der Endplatte 17 endet ist der Gasgemischstrom wiederum gezwungen, die Reaktionsräume 4 der dritten Stufe III zu durchströmen und erst anschließend durch den Abführkanal 12 der dritten Stufe III den CO-Oxidator 1 zu verlassen. Wie bereits oben beschrieben ist es auch bei mehrstufigen Vorrichtungen problemlos möglich, die Anzahl und die Reihenfolge der Reaktionsbeziehungsweise Kühlräume 4, 5 in den einzelnen Stufen zu variieren. Dadurch kann auch bei mehrstufigen Anordnungen eine einfache Skalierbarkeit gewährleistet werden.

Entgegen der in den Fig. 4 und 5 gezeigten Position kann die Sonde 20 jedoch auch von unten durch den Zuführkanal 11 für den Gasgemischstrom der ersten Stufe I und durch die Trennplatte 16 zwischen erster und zweiter Stufe I, II in den Abführkanal 12 der zweiten Stufe II geführt werden. Prinzipiell ist es bei allen Anordnungen möglich, die Sonden 18, 20 beispielsweise seitlich in den jeweiligen Abführkanal 12 einzuführen. Dies ist jedoch im Hinblick auf die Herstellung des CO-Oxidators 1 aufwendiger und daher weniger sinnvoll.

In den Ausführungsbeispielen sind für die Kühlmittelseite keine Trennplatten 16 vorgesehen. Es ist jedoch auch hier möglich, solche Trennplatten 16 vorzusehen, so daß sich eine Hintereinanderschaltung zweier oder mehrerer Kühlraumpakete ergibt. Außerdem kann das Kühlmedium entgegen dem Ausführungsbeispiel auch im Gleichstrom zum Gasgemischstrom geführt werden. Weiterhin ist es möglich, zur Kühlung des CO-Oxidators 1 in den Kühlräumen 5 eine endotherme Reaktion ablaufen zu lassen. Bei Gaserzeugungssystem für Brennstoffzellen könnten beispielsweise Wasser und Methanol in den Kühlräumen 5 verdampft werden und somit den Reaktionsräumen 5 Wärme entzogen werden. Das Kühlmedium wäre in diesem Zusammenhang die zu verdampfende Flüssigkeit. Gleichzeitig ist es möglich, eine Reformierungsreaktion in den Kühlräumen ablaufen zu lassen. Hierzu werden die Kühlräume 5 mit einem geeigneten Katalysator gefüllt. Als Kühlmedium wird dann ein Wasserdampf/Methanolgemisch durch die Kühlräume 5 geführt, wobei bei der endothermen Reformierung den Reaktionsräumen 4 des CO-Oxidators 1 wiederum Wärme entzogen wird.

Patentansprüche

1. Ein- oder mehrstufige Vorrichtung (1) zur selektiven katalytischen Oxidation von in einem wasserstoffreichen Gasgemischstrom enthaltenem Kohlenmonoxid in Plattenbauweise, wobei zwischen aufeinander-

folgenden Platten (2) jeweils ein mit Katalysator gefüllter Reaktionsraum (4) oder ein von einem Kühlmedium durchströmter Kühlraum (5) ausgebildet ist, wobei die Platten (2) Öffnungen (3) zur Ausbildung von Zubeziehungsweise Abführkanälen (11-14) für die Reaktionsbeziehungsweise Kühlräume (4, 5) aufweisen, und wobei die Reaktionsbeziehungsweise Kühlräume (4, 5) jeweils ausschließlich mit den Zu- und Abführkanälen (11-14) für den Gasgemischstrom beziehungsweise für das Kühlmedium in Strömungsverbindung stehen. **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Vorrichtung (1) zur selektiven katalytischen Oxidation eine Vorrichtung (18) zur Zuführung von oxidierendem Gas direkt in einen der Kanäle (11, 12) für den Gasgemischstrom vorgesehen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) zwei durch einen gemeinsamen Plattenstapel ausgebildete Stufen (I, II) aufweist, daß zwischen der ersten und der zweiten Stufe (I, II) eine Trennplatte (16) ohne Öffnung für den Zuführkanal (11) für den Gasgemischstrom angeordnet ist, daß separate Vorrichtungen (10, 18) zur Zuführung von oxidierendem Gas zum Gasgemischstrom in die erste und zweite Stufe (I, II) vorgesehen sind, und daß die Vorrichtung zur Zufuhr des oxidierenden Gases (18) zur zweiten Stufe (II) in den Abführkanal (12) für den Gasgemischstrom der ersten Stufe (I) führt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine dritte Stufe (III) vorgesehen ist, daß alle drei Stufen (I-III) als gemeinsamer Plattenstapel ausgebildet sind, daß zwischen der zweiten und dritten Stufe (II, III) eine weitere Trennplatte (16) ohne Öffnung (3) für den Zuführkanal (11) für den Gasgemischstrom der zweiten Stufe (II) angeordnet ist, daß eine weitere Vorrichtung (20) zur Zufuhr des oxidierenden Gases zur dritten Stufe (III) vorgesehen ist, und daß die Vorrichtung zur Zufuhr des oxidierenden Gases (18) zur dritten Stufe (III) in den Abführkanal (12) für den Gasgemischstrom der zweiten Stufe (II) führt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (18) als rohrförmige Sonde ausgebildet ist, die durch die Endplatte (15) oder durch die Endplatte (17) und den Zuführkanal (11) der zweiten Stufe (II) in den Abführkanal (12) der ersten Stufe (I) geführt ist und dort endet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (18) als rohrförmige Sonde ausgebildet ist, die durch die Endplatte (15) oder durch die Endplatte (17), den Abführkanal (12) der dritten Stufe (III), die Trennplatte (16) zwischen der zweiten und dritten Stufe (II, III) und den Zuführkanal (11) der zweiten Stufe (II) in den Abführkanal (12) der ersten Stufe (I) geführt ist und dort endet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (20) als rohrförmige Sonde ausgebildet ist, die durch die Endplatte (17) und entgegen der Strömungsrichtung des Gasgemischstromes durch den Zuführkanal (11) der dritten Stufe (III) in den Abführkanal (12) der zweiten Stufe (II) geführt ist und dort endet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (20) als rohrförmige Sonde ausgebildet ist, die durch den Zuführkanal (11) der ersten Stufe (I) und die Trennplatte (16) zwischen der ersten und zweiten Stufe (I, II) in den Abführkanal

(12) der zweiten Stufe (II) geführt ist und dort endet.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

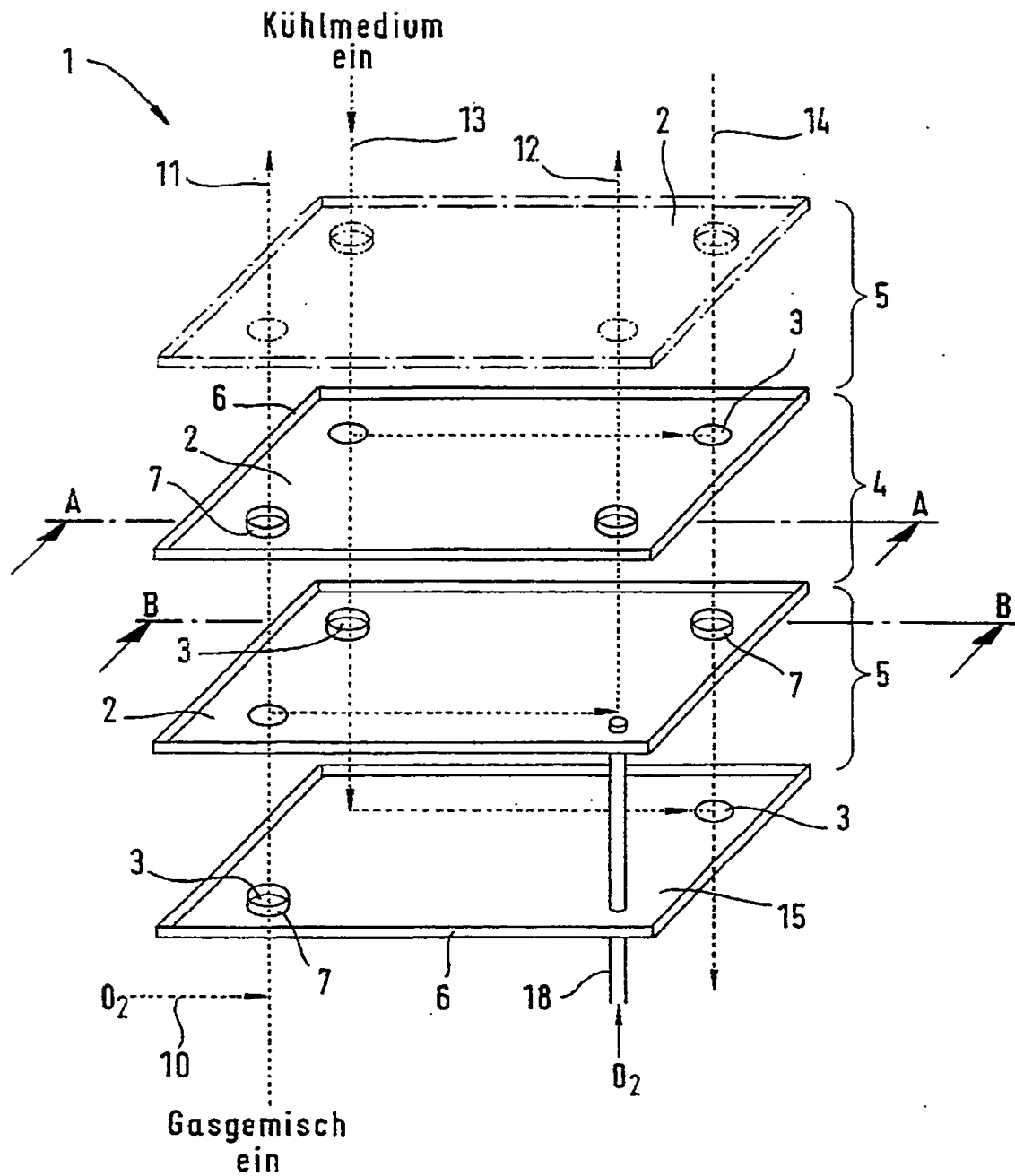
50

55

60

65

Fig. 1



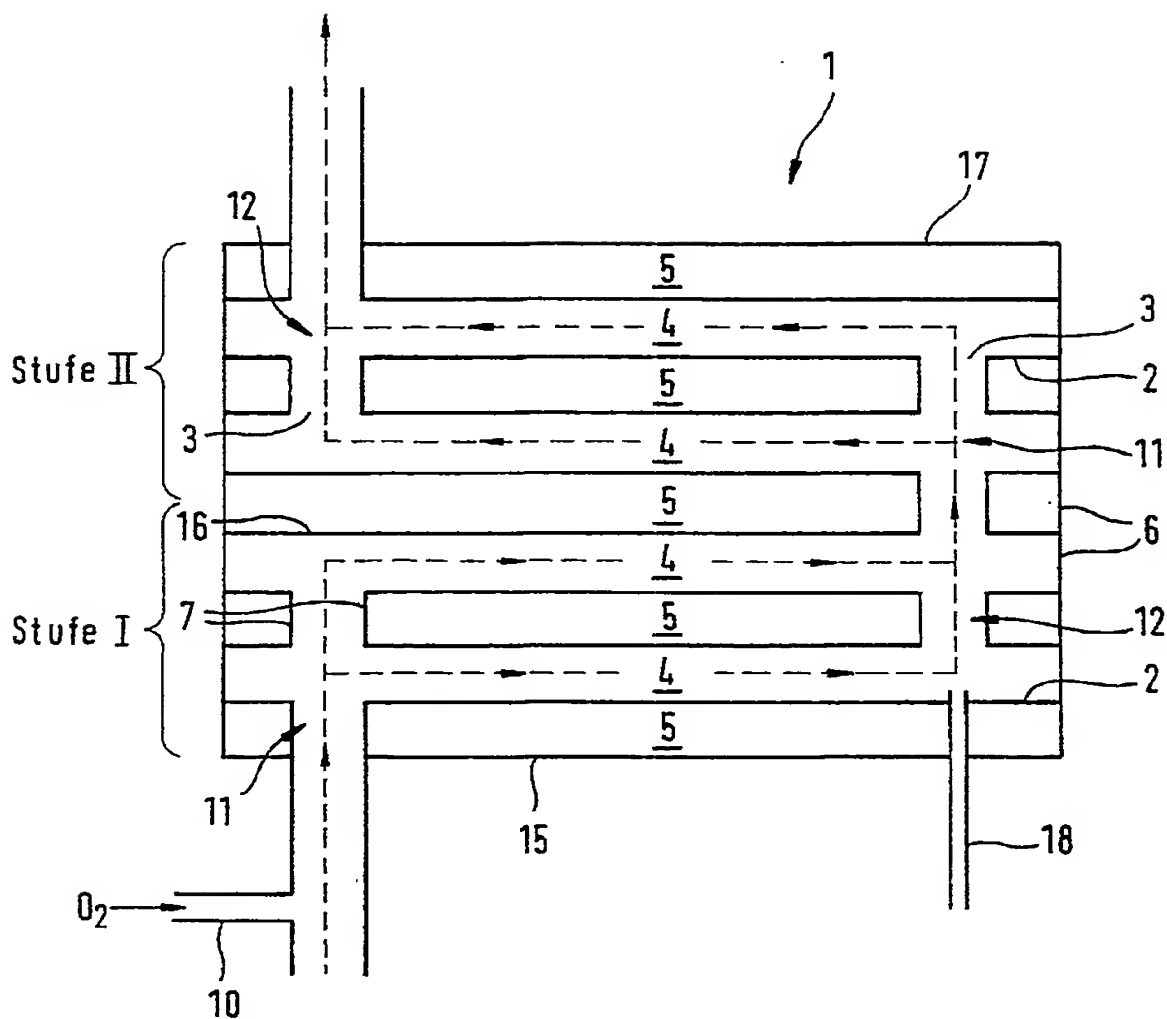


Fig. 2

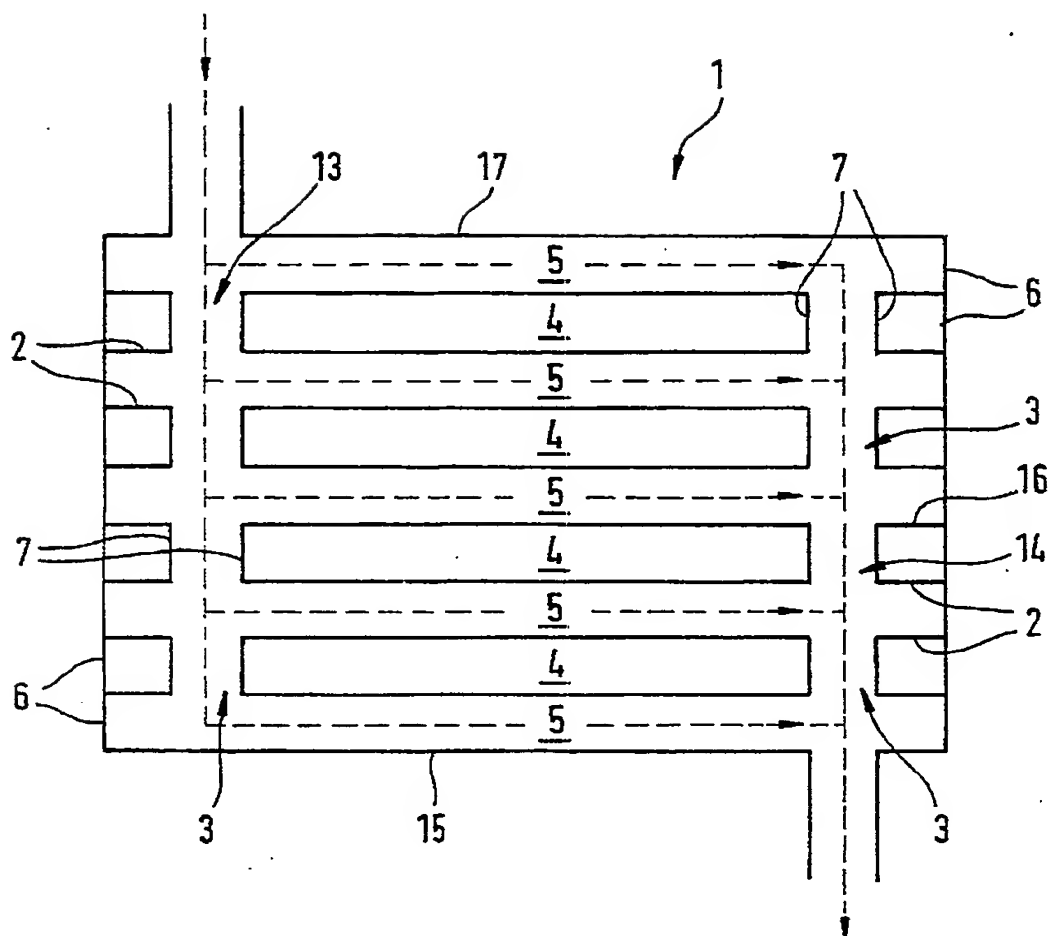


Fig. 3

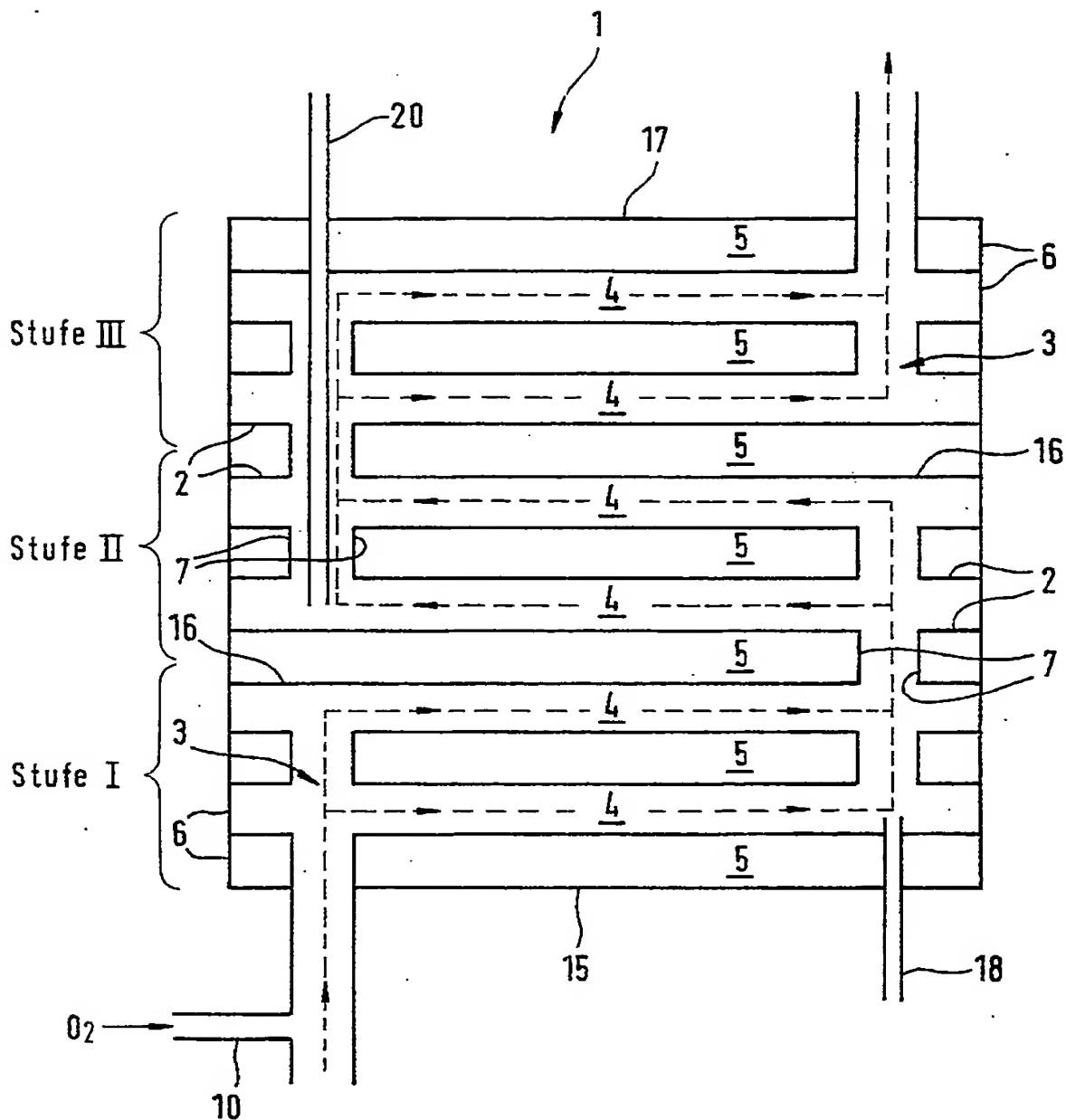


Fig. 4

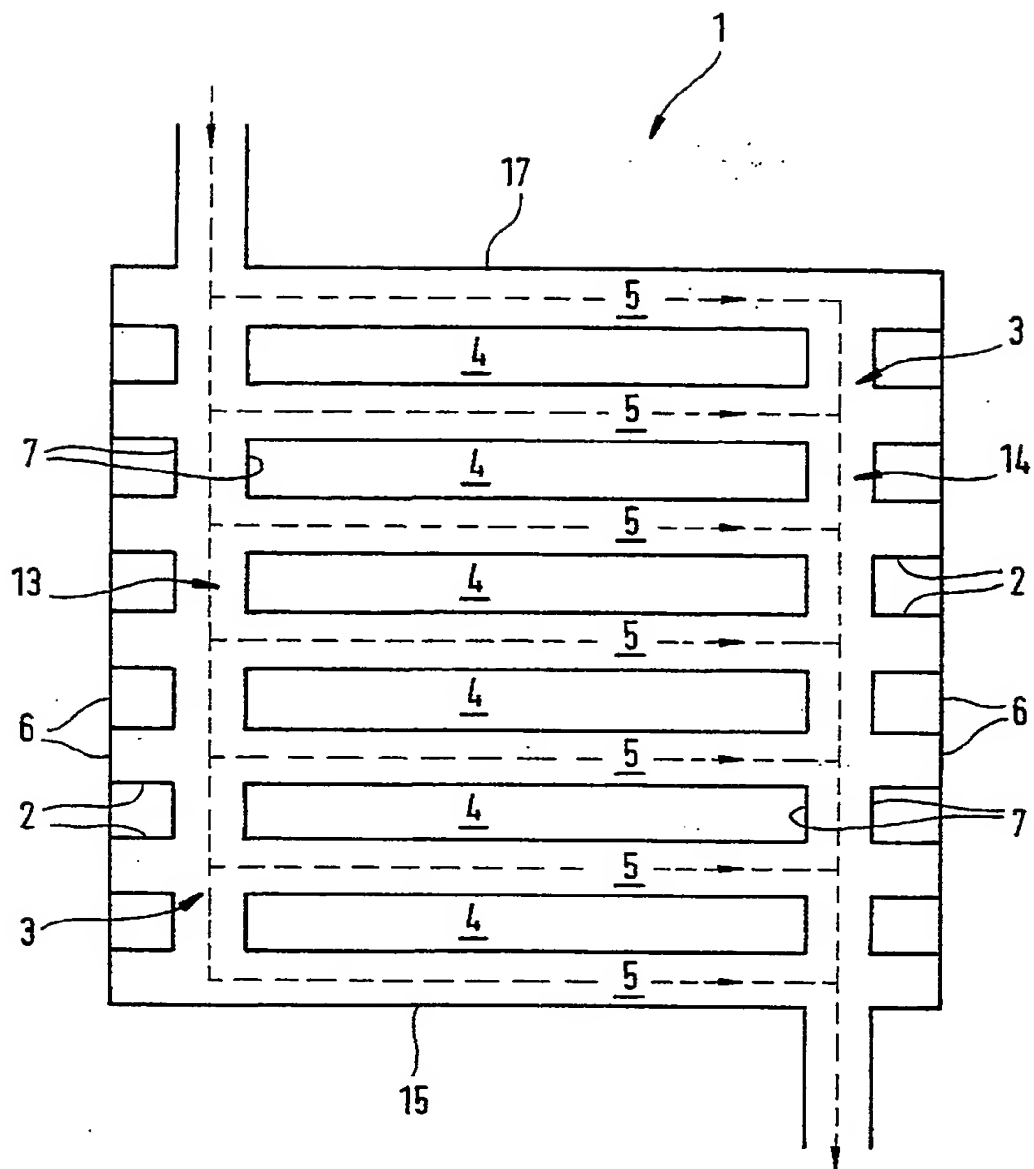


Fig. 5